

19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift

10 DE 43 15 091 A 1

51 Int. Cl. 5:

G 01 S 13/60

G 01 S 13/88

// B60T 8/32

21 Aktenzeichen: P 43 15 091.8

22 Anmeldetag: 6. 5. 93

43 Offenlegungstag: 18. 11. 93

DE 43 15 091 A 1

30 Unionspriorität: 32 33 31

13.05.92 JP P 4-146405

71 Anmelder:

Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

74 Vertreter:

Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.;
Kinne, R., Dipl.-Ing.; Pellmann, H., Dipl.-Ing.; Grams,
K., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 80336 München

72 Erfinder:

Ikeda, Shinji, Toyota, Aichi, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor

57 Es wird ein Detektor zum Erfassen der Fahrgeschwindigkeit eines Fahrzeugs angegeben, der einen Sender zum Abstrahlen einer Welle zu einer Bodenfläche hin und einen Empfänger enthält, der einen Teil der durch die Bodenfläche reflektierten gesendeten Welle empfängt. Der Detektor erzeugt gemäß einem Dopplereffekt aufgrund der Frequenzen der gesendeten Welle und der reflektierten Welle ein die Fahrgeschwindigkeit anzeigendes Ausgangssignal und enthält ferner eine Einrichtung zum Ändern der Frequenz der gesendeten Welle in der Weise, daß die Empfindlichkeit des Empfängers innerhalb eines vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten wird. Diese Einrichtung ist dazu ausgebildet, hinsichtlich der Frequenz der gesendeten Welle eine Änderung zu begrenzen oder zu verhindern, die durch eine Verschlechterung des Bodenflächenzustands verursacht ist, welche eine Verringerung der Empfindlichkeit des Empfängers hervorruft.

DE 43 15 091 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich allgemein auf einen Geschwindigkeitssensor für das Messen oder Ermitteln der nachfolgend als Fahrgeschwindigkeit bezeichneten Geschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs in bezug auf die Bodenfläche bzw. Fahrbahn unter Nutzung eines Dopplereffekts bzw. einer Dopplerverschiebung und insbesondere auf Verbesserungen eines solchen Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektors, der eine Einrichtung zum Einstellen der Frequenz einer von einem Sender des Detektors erzeugten Welle hat.

Ein gewöhnlicher Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor enthält (a) einen Sender, der eine Welle erzeugt und zu der Bodenfläche hin abstrahlt, (b) einen Empfänger, der einen Teil der von der Bodenfläche reflektierten Welle empfängt, und (c) eine Ausgabeeinrichtung, die ausgehend von der Frequenz der von dem Sender abgestrahlten Welle und der Frequenz der von dem Empfänger aufgenommenen Welle nach dem bekannten Dopplereffekt- oder Dopplerverschiebungsprinzip ein Ausgangssignal erzeugt, das die Fahrzeugbodengeschwindigkeit bzw. Fahrgeschwindigkeit anzeigt.

Im allgemeinen besteht bei einem Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor die Tendenz, daß die Empfindlichkeit des Empfängers bezüglich der reflektierten Welle auf bestimmte Weise von der Frequenz der empfangenen Welle abhängig ist. Die Empfindlichkeit des Empfängers hat gewöhnlich einen Spitzenwert bei einer bestimmten Frequenz der empfangenen Welle und ist durch eine Frequenz/Empfindlichkeit-Kurve darzustellen, die nach oben zu gewölbt ist. Andererseits ändert sich die nachstehend als Empfangsfrequenz bezeichnete Frequenz der von dem Empfänger aufgenommenen Welle mit einer Änderung der Fahrgeschwindigkeit unter der Voraussetzung, daß die nachstehend als Sendefrequenz bezeichnete Frequenz der von dem Sender erzeugten Welle unverändert gehalten wird. Infolgedessen ändert sich dann, wenn die Sendefrequenz konstant ist, die Empfindlichkeit des Empfängers, sobald sich die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit ändert. D.h., wenn die Sendefrequenz des Senders konstant gehalten wird, ist es schwierig, unabhängig von einer Änderung der Fahrgeschwindigkeit die Empfindlichkeit des Empfängers auf einem hohen Wert innerhalb eines optimalen Bereichs zu halten.

Zum Vermeiden dieses Nachteils wurde in der JP-A-2-287183 ein verbesserter Ultraschall-Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor vorgeschlagen, der mit einer Frequenzänderungseinrichtung zum Einstellen oder Ändern der Sendefrequenz gemäß der Empfangsfrequenz ausgestattet ist, um die Empfangsfrequenz des Empfängers so zu steuern, daß die Empfindlichkeit des Empfängers bezüglich der aufgenommenen Welle immer in einem optimalen Bereich gehalten wird.

Zum Gewährleisten einer hohen Genauigkeit der Messung der Fahrgeschwindigkeit mittels eines solchen Dopplereffekt-Detektors ist es wichtig, daß die von dem Sender zu der Boden- oder Straßenfläche abgestrahlte Welle bei einem hinreichenden Grad an Rauigkeit oder Welligkeit der Bodenfläche von dieser ungleichförmig bzw. diffus reflektiert wird, so daß von dem Empfänger ein ausreichend großer Anteil der von dem Sender erzeugten Welle aufgenommen wird. Die Bodenfläche hat jedoch gewöhnlich örtliche glatte Bereiche wie Pfützen oder Wasserlachen. An dem nachstehend auch als "Meßausfallbereich" bezeichneten glatten Flächen-

bereich besteht die Tendenz, daß die gesendete Welle gleichmäßig bzw. spiegelnd reflektiert wird und nur ein geringer Bruchteil der diffus reflektierten Welle auf den Empfänger fällt, wodurch die von dem Empfänger aufgenommene Energie unzureichend wird und der Ausgangspegel des Empfängers niedrig wird. Daher kann dann, wenn das Fahrzeug auf dem Meßausfallbereich fährt, der Ausgangspegel des Empfängers für das Erfassen der Fahrgeschwindigkeit mit hoher Genauigkeit zu niedrig werden, was zu dem Risiko führt, daß die Empfangsfrequenz der von dem Empfänger aufgenommenen Welle niedriger als die tatsächliche Frequenz ist.

Der bekannte Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor gemäß der Beschreibung in der vorstehend genannten Veröffentlichung JP-A-2-287183 ist zum Betrieb unter der Annahme ausgelegt, daß eine Änderung der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit die einzige Ursache für das Abweichen der Empfangsfrequenz aus dem optimalen Bereich ist. Infolgedessen ändert die Frequenzänderungseinrichtung die Sendefrequenz auch dann, wenn die Empfangsfrequenz wegen der Fahrt des Fahrzeugs auf dem Meßausfallbereich aus dem optimalen Bereich abweicht.

Anders als durch eine Änderung der Sendefrequenz bei der Fahrt auf einer gewöhnlichen bzw. normalen Bodenfläche wird durch eine Änderung der Sendefrequenz bei der Fahrt auf dem Meßausfallbereich die Empfindlichkeit des Empfängers nicht merklich verbessert. D.h., eine durch eine Änderung der Empfangsfrequenz verursachte Änderung der Sendefrequenz bei der Fahrt auf dem Meßausfallbereich ergibt keine nennenswerte Einwirkung auf die Empfängerempfindlichkeit, sondern hat eher kurz nach dem Verlassen des Meßausfallbereichs eine nachteilige Einwirkung auf die Empfindlichkeit. Im einzelnen besteht die Tendenz, daß während der Fahrt auf dem Meßausfallbereich die Sendefrequenz in bezug auf den optimalen Bereich übermäßig erhöht wird, wodurch die Sendefrequenz in einer Anfangsperiode nach dem Durchfahren des Meßausfallbereichs für ein genaues Erfassen der Fahrgeschwindigkeit zu hoch werden kann. Da die betreffende Einrichtung dazu ausgelegt ist, selbst auf dem Meßausfallbereich die Sendefrequenz derart einzustellen, daß bessere Meßbedingungen für das genaue Erfassen der Fahrgeschwindigkeit herbeigeführt werden, ist das Ergebnis dieser Einstellung ein übermäßiges Erhöhen der Sendefrequenz über den optimalen Wert für den normalen Bodenflächenzustand hinaus.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor zu schaffen, in welchem eine Änderung oder Einstellung der Sendefrequenz gemäß der Empfangsfrequenz zugelassen ist, wenn der Bodenflächenzustand für ein genaues Erfassen der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist, bzw. verhindert ist, wenn der Bodenflächenzustand für das genaue Erfassen ungeeignet ist, wodurch es der Detektor ermöglicht, daß kurz nachdem das Fahrzeug einen Meßausfallbereich der Bodenfläche verlassen hat, die Fahrgeschwindigkeit auf genaue Weise erfaßt wird.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

In dem auf diese Weise gestalteten erfindungsgemäßen Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor enthält die Frequenzänderungseinrichtung für das Ändern der Frequenz der von dem Sender abgestrahlten gesendeten Welle eine geeignete Begrenzungseinrichtung, die hinsichtlich der Frequenz der gesendeten Welle eine

durch die Verschlechterung des Bodenflächenzustands verursachte Änderung einschränkt, welche eine beträchtliche Verringerung der Empfindlichkeit des Empfängers beispielsweise aus einem zulässigen Bereich heraus bewirken würde. Die Verschlechterung des Bodenflächenzustands tritt beispielsweise dann auf, wenn das Fahrzeug durch Pfützen oder Wasserlachen auf der Straßenfläche fährt. Da die Änderung der Frequenz der von dem Sender abgestrahlten Welle eingeschränkt ist, wenn das Fahrzeug derartige Bereiche der Bodenfläche durchfährt bzw. der Bodenflächenzustand verschlechtert ist, ist die Empfangsfrequenz des Empfängers nicht aus einem optimalen Bereich heraus abgewichen, nachdem das Fahrzeug solche verschlechterte Bodenflächenbereiche passiert hat. Daher ermöglicht dieser Fahrgeschwindigkeitsdetektor kurz nachdem das Fahrzeug den dem vorstehend genannten Meßausfallbereich entsprechenden verschlechterten Bodenflächenbereich verlassen hat, die Bodengeschwindigkeit des Fahrzeugs bzw. Fahrgeschwindigkeit mit hoher Genauigkeit und hoher Zuverlässigkeit zu messen. Obgleich die Meßgenauigkeit des Detektors durch die Verschlechterung des Bodenflächenzustands mehr oder weniger verringert ist, ist die Dauer der verringerten Genauigkeit sehr kurz und im Vergleich zu derjenigen bei dem bekannten Detektor beträchtlich verkürzt.

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Detektors ist die Frequenzänderungseinrichtung dazu ausgelegt, aufgrund eines Ausgangssignals des Empfängers die Frequenz der reflektierten Welle zu messen und gemäß der gemessenen Frequenz der reflektierten Welle die Frequenz der gesendeten Welle derart zu ändern, daß die gemessene Frequenz der reflektierten Welle in einem vorbestimmten optimalen Bereich gehalten wird. Die Begrenzungseinrichtung vergleicht die Amplitude des Ausgangssignals des Empfängers mit einem vorbestimmten Schwellenwert, um dadurch zu ermitteln, ob der Zustand der Bodenfläche derart verschlechtert ist, daß die Empfindlichkeit des Empfängers außerhalb eines zulässigen Bereichs liegt. Wenn der Bodenflächenzustand verschlechtert ist, verhindert die Begrenzungseinrichtung ein Ändern der Frequenz der gesendeten Welle gemäß der gemessenen Frequenz der reflektierten Welle. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung ist eine Änderung der Sendefrequenz dem Senders gemäß der Empfangsfrequenz des Empfängers nur dann zugelassen, wenn der Bodenflächenzustand für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist. Dementsprechend kann während des Durchfahrens des verschlechterten Bodenflächenbereichs die Empfangsfrequenz nahezu gleich derjenigen unmittelbar vor dem Durchfahren des verschlechterten Bereichs gehalten werden, wodurch unmittelbar nach dem Verlassen des verschlechterten Bereichs die Empfangsfrequenz kurz nach dem Durchfahren des verschlechterten Bodenflächenbereichs für die genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist. Daher hat die zeitweilige Verschlechterung des Bodenflächenzustands keine nachteilige Einwirkung auf die Genauigkeit der Messung der Bodengeschwindigkeit des Fahrzeugs, das den verschlechterten bzw. Meßausfall-Bodenflächenbereich verlassen hat.

Der vorstehend genannte optimale Bereich der Empfangsfrequenz kann durch eine Obergrenze und eine Untergrenze oder alternativ durch einen bestimmten optimalen Wert definiert werden, welcher auf geeignete Weise z. B. in Abhängigkeit von einer veranschlagten bzw. berechneten Geschwindigkeit des Fahrzeugs be-

stimmt wird.

Die Fahrgeschwindigkeit kann aus den Drehgeschwindigkeiten der Räder des Fahrzeugs berechnet werden. Die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit ist ein Parameter, der anders als die nach dem Dopplereffekt- oder Dopplerverschiebungs-Prinzip gemessene Fahrzeugbodengeschwindigkeit bzw. Fahrgeschwindigkeit weniger wahrscheinlich durch den sich ändernden Zustand der Bodenfläche beeinflusst ist. In diesem Sinne kann die berechnete Fahrgeschwindigkeit als ein die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit darstellender Näherungswert eingesetzt werden. Andererseits kann die Fahrgeschwindigkeit aus der Sendefrequenz und der Empfangsfrequenz berechnet werden, falls die Frequenzen bekannt sind. Daher besteht dann, wenn die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit gleich der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit ist, zwischen den Werten der Sendefrequenz und der Empfangsfrequenz ein bestimmter Zusammenhang, wenn das Fahrzeug auf einem Bodenflächenbereich fährt, der für das genaue Messen der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist.

Aus der vorstehenden Beschreibung ist ersichtlich, daß dann, wenn zunächst einmal der Zusammenhang zwischen der Sende- und Empfangsfrequenz bei für die genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignetem Bodenflächenzustand bekannt ist, aus der Sendefrequenz die optimale Empfangsfrequenz bestimmt werden kann (nämlich die Frequenz der von dem nicht verschlechterten Bodenflächenbereich reflektierten Welle). Umgekehrt kann dann, wenn der optimale Bereich für die Empfangsfrequenz bekannt ist, diejenige Sendefrequenz bestimmt werden, die gewährleistet, daß die Empfangsfrequenz innerhalb des optimalen Bereichs liegt.

Auf diese Weise kann unter der Voraussetzung, daß die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit mit der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit übereinstimmt und daß der Bodenflächenzustand für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist, der optimale Bereich für die Empfangsfrequenz bestimmt werden und daher die Sendefrequenz derart geändert werden, daß die Empfangsfrequenz innerhalb des vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten wird.

Die vorstehende Analyse führt zu einer alternativen Ausführungsform der Erfindung, bei der die Frequenzänderungseinrichtung eine Einrichtung zum Ermitteln einer aus den Drehzahlen der Räder des Fahrzeugs berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit enthält und die Begrenzungseinrichtung der Frequenzänderungseinrichtung eine Einrichtung enthält, die aus der berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit für die reflektierte Welle eine Frequenz berechnet, von der zu erwarten ist, daß sie von dem Empfänger unter der Voraussetzung empfangen wird, daß die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit mit der tatsächlichen Bodengeschwindigkeit des Fahrzeugs bzw. Fahrgeschwindigkeit übereinstimmt und daß der Bodenflächenzustand nicht verschlechtert ist. Die Frequenzänderungseinrichtung verändert die Frequenz der gesendeten Welle in der Weise, daß die berechnete Frequenz für die reflektierte Welle innerhalb eines vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten wird.

Bei dieser Ausführungsform der Erfindung ist die Sendefrequenz nicht durch die tatsächliche, durch den verschlechterten Bodenflächenbereich beeinflusste Empfangsfrequenz bestimmt, sondern durch die Empfangsfrequenz, die aus der berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit berechnet wird und von der anzunehmen ist, daß sie optimal ist, wenn der Bodenflächenzustand

für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist. Durch diese Gestaltung wird eine Einwirkung der Verschlechterung des Bodenflächenzustands auf die Sendefrequenz und die Empfangsfrequenz ausgeschaltet, kurz nachdem das Fahrzeug den verschlechterten Bodenflächenbereich verlassen hat.

Die vorangehend genannte Aufgabe wird auch gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung mit einem Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor gemäß Patentanspruch 11 gelöst.

Bei dem dementsprechend gestalteten erfindungsgemäßen Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor tritt, kurz nachdem das Fahrzeug den verschlechterten Bodenflächenbereich verlassen hat, gleichfalls keine nachteilige Einwirkung der Bodenflächenverschlechterung auf die Empfangsfrequenz ein. Es wird nämlich selbst dann, wenn sich der Bodenflächenzustand verschlechtert, die Sendefrequenz derart geändert, daß die Empfangsfrequenz innerhalb des vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten ist. Ferner wird die Sendefrequenz stufenweise um einen vorbestimmten Aufstufungs- oder Abstufungswert in vorbestimmten Zeitabständen verändert, solange sich die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit kontinuierlich ändert. Diese Gestaltung, bei der keine kontinuierliche Änderung der Sendefrequenz erforderlich ist, ist im Hinblick auf die Arbeitsbelastung der Frequenzänderungseinrichtung vorteilhaft. Beispielsweise kann bei dieser Gestaltung eine Änderung der Empfangsfrequenz um eine Aufwärtsstufe dafür ausreichend sein, daß die Empfangsfrequenz in den optimalen Bereich fällt, im Gegensatz zu einer kontinuierlichen Änderung, die eine kontinuierliche Ermittlung des optimalen Werts für die Empfangsfrequenz in Abhängigkeit von der sich ändernden Fahrgeschwindigkeit erforderlich macht.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 ist eine schematische Blockdarstellung eines Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektors gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem zum Messen der Fahrgeschwindigkeit eine Ultraschallwelle benutzt wird.

Fig. 2 ist eine Blockdarstellung eines Steuersystems für ein Antiblockierbremsystem eines Kraftfahrzeugs, bei dem der Fahrgeschwindigkeitsdetektor nach Fig. 1 benutzt wird.

Fig. 3 ist ein Ablaufdiagramm, das die Funktion des Fahrgeschwindigkeitsdetektors bei dem Messen der Fahrgeschwindigkeit veranschaulicht.

Fig. 4 ist ein Ablaufdiagramm, das die Funktion eines Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektors gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht.

Fig. 5 ist ein Ablaufdiagramm, das die Funktion eines Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektors gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt.

Gemäß Fig. 1 hat der Ultraschall-Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor einen Sender 10, der ein Schwingelement und einen Schalltrichter enthält. Das Schwingelement wird durch eine an den Sender 10 angeschlossene Generatorschaltung 22 angesteuert, um eine Ultraschallwelle mit einer Sendefrequenz f_t zu erzeugen. Über die Generatorschaltung 22 ist der Sender 10 mit einem Signalprozessor 14 verbunden. Der Detektor hat ferner einen Empfänger 12, in den ein Schwingelement und ein Schalltrichter für das Aufnehmen der von der Bodenfläche reflektierten Ultraschallwelle ent-

halten sind. Der Empfänger ist an eine Empfangsschaltung 26 angeschlossen, die zum Berechnen einer Empfangsfrequenz f_r aus einem von dem Schwingelement des Empfängers 12 erzeugten elektrischen Signal ausgelegt ist. Der Empfänger 12 ist über die Empfangsschaltung 26 mit dem Signalprozessor 14 verbunden. Der Sender 10 und der Empfänger 12 sind an einem Kraftfahrzeug derart angebracht, daß sie entgegen der Fahrtrichtung des Fahrzeugs gerichtet sind und jeweils Ziellinien haben, welche jeweils in Bezug auf die Bodenfläche oder Straßenfläche bzw. Fahrbahn unter jeweiligen Winkeln Θ_1 bzw. Θ_2 geneigt sind.

Der Signalprozessor 14 ist grundlegend durch einen Computer gebildet, welcher einen Festspeicher (ROM) zum Speichern eines in dem Ablaufdiagramm in Fig. 3 dargestellten Steuerprogramms und eine Zentraleinheit (CPU) enthält, die das Steuerprogramm ausführt, um die Bodengeschwindigkeit des Fahrzeugs bzw. Fahrgeschwindigkeit zu erfassen oder zu berechnen, was nachstehend ausführlich beschrieben wird.

Ferner ist auch gemäß Fig. 1 der Signalprozessor 14 mit einem Antiblockierregler 30 für ein Antiblockierbremsystem des Fahrzeugs verbunden. Der Antiblockierregler 30 ist gleichfalls grundlegend durch einen Computer gebildet. Auf bekannte Weise ist gemäß Fig. 2 der Antiblockierregler 30 dazu ausgelegt, während eines Bremsens des Fahrzeugs auf elektrische Weise solenoidbetriebene Druckregelventile 52 zu steuern, um dadurch den jeweiligen Flüssigkeitsdruck in Hydraulikzylindern jeweiliger Radbremsen 51 für die vier Räder des Fahrzeugs derart zu regeln, daß ein übermäßiges Schlupfausmaß der Räder verhindert wird, während die Schlupfzustände der einzelnen Räder durch die Ausgangssignale von Raddrehzahlsensoren 50 überwacht werden. Die solenoidbetriebenen Druckregelventile 52 sind auf bekannte Weise mit einem Hauptzylinder und einem Vorratsbehälter sowie mit den Radbremsen 51 verbunden. Der Antiblockierregler 30 ist auch mit einer Hydraulikpumpe 54 verbunden, die zum Zurückführen der aus den Radbremszylindern in den Vorratsbehälter abgelassenen Bremsflüssigkeit zu dem Hauptzylinder eingeschaltet wird.

In dem Antiblockierregler 30 wird eine Fahrzeugbodengeschwindigkeit bzw. Fahrgeschwindigkeit V_g benutzt, die von Zeit zu Zeit aus dem Signalprozessor 14 des Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektors aufgenommen wird. Aus der Fahrgeschwindigkeit V_g und den durch die Ausgangssignale der Raddrehzahlsensoren 50 dargestellten Radgeschwindigkeiten berechnet der Antiblockierregler 30 den jeweiligen Schlupf an den einzelnen Rädern.

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm in Fig. 3 die Funktion des Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektors beschrieben.

Die Steuerroutine nach Fig. 3 beginnt mit einem Schritt S1, bei dem der Sender 10 eine Ultraschallwelle mit einer in dem Signalprozessor 14 eingestellten vorbestimmten anfänglichen Sendefrequenz f_{t0} erzeugt. Auf den Schritt S1 folgt ein Schritt S2, bei dem ein Ausgangssignal in Form einer Ausgangsspannung v_r eingelesen bzw. aufgenommen wird, welche von dem Empfänger 12 als Ergebnis des Empfangens der von der Bodenfläche reflektierten Ultraschallwelle erzeugt wird. Der Steuerungsablauf schreitet dann zu einem Schritt S3 weiter, bei dem ermittelt wird, ob der Maximalwert der Ausgangsspannung v_r des Empfängers 12 während eines vorbestimmten kurzen Zeitabschnitts höher als ein vorbestimmter Schwellenwert v_{th} ist oder

nicht. Dieser Schritt dient zum Ermitteln, ob der Oberflächenzustand des Bodens für eine genaue Erfassung der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist oder nicht, d. h., ob der Oberflächenzustand des Bodens in einem solchen Ausmaß verschlechtert ist, daß die Empfindlichkeit des Empfängers 12 außerhalb eines zulässigen Bereichs liegt. Falls nämlich die Ausgangsspannung v_r höher als der Schwellenwert v_{th} ist, bedeutet dies, daß der gegenwärtige Bodenflächenzustand für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist, und es wird bei dem Schritt S3 die positive Antwort (JA) erhalten. In diesem Fall wird ein Schritt S4 ausgeführt, bei dem eine Empfangsfrequenz f_r der von dem Empfänger 12 aufgenommenen Welle erfaßt wird und ermittelt wird, ob die erfaßte Empfangsfrequenz f_r höher als eine vorbestimmte obere Grenzfrequenz f_{rmax} (von beispielsweise 105 kHz) eines optimalen Bereichs ist oder nicht. Falls bei dem Schritt S4 eine negative Entscheidung getroffen wird (NEIN), wird ein Schritt S5 ausgeführt, bei dem ermittelt wird, ob die Empfangsfrequenz f_r niedriger als eine vorbestimmte untere Grenzfrequenz f_{rmin} (von beispielsweise 100 kHz) des optimalen Bereichs ist. Eine Empfangsfrequenz f_r innerhalb des optimalen Bereichs, der durch die obere und die untere Grenzfrequenz f_{rmax} und f_{rmin} bestimmt ist, wird als für die genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignet bewertet. D.h., die Empfindlichkeit des Empfängers 12 ist ausreichend hoch, wenn die Empfangsfrequenz f_r in dem festgelegten optimalen Bereich liegt.

Falls bei dem Schritt S5 eine negative Entscheidung getroffen wird (NEIN), d. h., falls die Entscheidungen bei den Schritten S4 und S5 beide negativ sind (NEIN), bedeutet dies, daß die Empfangsfrequenz f_r in dem optimalen Bereich liegt. In diesem Fall schreitet der Steuerungsablauf zu einem Schritt S6 weiter, bei dem die momentane Sendefrequenz f_t als optimale Sendefrequenz f_t^* bestimmt wird, welche bei dem nachfolgenden Ausführen eines folgenden Schrittes S7 benutzt wird. Wenn der Schritt S6 erstmalig ausgeführt wird, wird die vorbestimmte anfängliche Sendefrequenz f_{t0} als optimale Sendefrequenz f_t^* bestimmt. Bei dem Schritt S7 erzeugt der Sender 10 die Ultraschallwelle, deren Frequenz f_t gleich der bei dem Schritt S6 bestimmten optimalen Sendefrequenz f_t^* ist. Danach wird ein Schritt S8 ausgeführt, bei dem die Empfangsfrequenz f_r des Empfängers 12 gemessen wird. Auf den Schritt S8 folgt ein Schritt S9, bei dem aus der momentanen Sendefrequenz f_t , nämlich der bei dem Schritt S6 bestimmten optimalen Sendefrequenz f_t^* , und der bei dem Schritt S8 gemessenen momentanen Empfangsfrequenz f_r die Fahrzeugbodengeschwindigkeit bzw. Fahrgeschwindigkeit V_g nach folgender Gleichung berechnet wird:

$$V_g = C(f_t - f_r) / ((f_t + f_r) \cos \Theta)$$

wobei Θ der (konstante) Mittelwert aus Θ_1 und Θ_2 ist und C die (konstante) Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Ultraschallwelle ist.

Nach fertiger Abarbeitung des Schrittes S9 kehrt der Steuerungsablauf zu dem Schritt S2 zurück.

Falls die Empfangsfrequenz f_r gleich der oberen Grenzfrequenz f_{rmax} des optimalen Bereichs oder höher wird, ergibt der Schritt S4 eine positive Antwort (JA), wonach der Steuerungsablauf zu einem Schritt S10 fortschreitet, bei dem die gegenwärtige Sendefrequenz f_t um ein vorbestimmtes Dekrement Δf verringert wird, um dadurch die optimale Sendefrequenz f_t^* auf den neuesten Stand zu bringen. Da die Empfangsfrequenz f_r

als Funktion der Sendefrequenz f_t bzw. f_t^* verringert wird, wird die Empfangsfrequenz f_r durch das Verringern der optimalen Sendefrequenz f_t^* der bei dem Schritt S7 zu erzeugenden Ultraschallwelle gesenkt. Falls die Empfangsfrequenz f_r gleich der unteren Grenzfrequenz f_{rmin} des optimalen Bereichs oder niedriger wird, wird bei dem Schritt S5 eine positive Antwort erhalten (JA), wonach der Steuerungsablauf zu einem Schritt S11 fortschreitet, bei dem die momentane Sendefrequenz f_t um ein vorbestimmtes Inkrement Δf erhöht wird, um dadurch die optimale Sendefrequenz f_t^* auf den neuesten Stand zu bringen. Infolgedessen wird die Sendefrequenz f_t der bei dem Schritt S7 durch den Sender 10 zu erzeugenden Welle erhöht.

Aus der vorstehenden Beschreibung ist ersichtlich, daß die tatsächliche Sendefrequenz f_t derart eingestellt wird, daß sie innerhalb eines vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten wird, wenn die Ausgangsspannung v_r des Empfängers 12 höher als der vorbestimmte Schwellenwert v_{th} ist, nämlich der Bodenflächenzustand nicht verschlechtert ist und für das genaue Messen der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist.

Wenn während der Fahrt der Bodenflächenzustand durch eine Pfütze, eine Wasserlache oder einen anderen Meßausfallbereich auf der Bodenfläche verschlechtert ist, kann die Ausgangsspannung v_r auf den oder unter den Schwellenwert v_{th} abfallen. In diesem Fall wird bei dem Schritt S3 eine negative Entscheidung getroffen (NEIN), wonach der Steuerungsablauf unter Überspringen der Schritte S4 und S5 zu dem Schritt S6 fortschreitet. Infolgedessen wird die gegenwärtige Sendefrequenz f_t wieder als optimale Sendefrequenz f_t^* eingesetzt, nämlich die bei dem letzten Ausführen des Schrittes S6 bestimmte, gegenwärtig wirksame optimale Sendefrequenz f_t^* beibehalten. Auf diese Weise wird die momentane Sendefrequenz f_t des Senders 10 nicht geändert, solange die Ausgangsspannung v_r niedriger als der Schwellenwert v_{th} ist.

Es ist ersichtlich, daß dieser Fahrgeschwindigkeitsdetektor die Sendefrequenz f_t nicht verstellt, wenn der Bodenflächenzustand verschlechtert und für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit ungeeignet ist bzw. die Ausgangsspannung v_r des Empfängers 12 gleich dem Schwellenwert v_{th} oder niedriger wird.

Wenn das Fahrzeug den Meßausfallbereich passiert hat und die Ausgangsspannung v_r des Empfängers 12 den Schwellenwert v_{th} überschritten hat, wird bei dem Schritt S3 die positive Entscheidung erhalten (JA), wonach dann der Schritt S4 und die folgenden Schritte ausgeführt werden. Da die Sendefrequenz f_t des Senders 10 während des Durchfahrens des Meßausfallbereichs konstant gehalten wird, liegt kurz nach dem Durchfahren des Meßausfallbereichs die Empfangsfrequenz f_r innerhalb des optimalen Bereichs, falls die Empfangsfrequenz f_r unmittelbar vor dem Einfahren in den Meßausfallbereich innerhalb des optimalen Bereichs liegt und falls während des Durchfahrens des Meßausfallbereichs die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit V_g und die Empfangsfrequenz f_r des Empfängers 12 konstant gehalten sind. Normalerweise wird die Fahrgeschwindigkeit während des Durchfahrens des Meßausfallbereichs nahezu konstant gehalten und die Empfangsfrequenz f_r in dem optimalen Bereich gehalten, was eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit V_g selbst in einem Zeitabschnitt unmittelbar nach dem Verlassen des Meßausfallbereichs gewährleistet.

Es ist ersichtlich, daß dieses Ausführungsbeispiel dazu ausgelegt ist, eine einer Änderung der Empfangsfre-

quenz f_r entsprechende Änderung der Sendefrequenz f_t zu verhindern, solange der Bodenflächenzustand für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit ungeeignet ist; dadurch kann kurz nach dem Einfahren auf eine Bodenfläche mit einem für den Empfänger 12 guten Zustand die Fahrgeschwindigkeit V_g aus der in dem optimalen Bereich gehaltenen Empfangsfrequenz f_r mit hoher Genauigkeit ermittelt werden.

Es ist ersichtlich, daß ein für das Ausführen der Schritte S4 bis S6, S10 und S11 zugeordneter Teilbereich des Signalprozessors 14 eine Einrichtung zum Ändern der Sendefrequenz f_t des Senders 10 bildet, während ein für das Ausführen der Schritte S2 und S3 vorgesehener Teilbereich des Signalprozessors 14 eine Einrichtung zum Zulassen und Verhindern einer Änderung der Sendefrequenz f_t bildet.

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm in Fig. 4 der Dopplereffekt-Fahrgeschwindigkeitsdetektor gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben, das mit dem ersten Ausführungsbeispiel mit der Ausnahme identisch ist, daß der Signalprozessor 14 zum Ausführen eines Steuerprogramms bzw. einer Steuerroutine gemäß Fig. 4 anstelle der in Fig. 3 dargestellten ausgelegt ist. Ferner ist der mit diesem Detektor verbundene Antiblockierregler 30 dazu gestaltet, aus den Drehgeschwindigkeiten der vier Räder des Fahrzeugs von Zeit zu Zeit die Fahrzeuggeschwindigkeit zu berechnen. Wenn das Fahrzeug gebremst wird, wird als berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit die höchste der Geschwindigkeiten der vier Räder angesetzt. Nachdem der Verlangsamungswert des Rades mit der höchsten Geschwindigkeit einen vorbestimmten oberen Grenzwert überstiegen hat, wird als berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit die Geschwindigkeit dieses Rades zu dem Zeitpunkt angesetzt, an dem der Verlangsamungswert den oberen Grenzwert überstiegen hat. Wenn das Fahrzeug nicht gebremst wird, wird als berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit der Mittelwert der Drehgeschwindigkeiten des rechten und des linken mitlaufenden bzw. nicht angetriebenen Rades angesetzt.

Die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} kann beispielsweise nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$V_{so}(n) = \text{MED}(V_{\max}, V_{so}(n-1) - \alpha_{\text{dec}} \cdot t, V_{so}(n-1) + \alpha_{\text{acc}} \cdot t)$$

wobei $V_{so}(n)$ die gegenwärtig berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit ist, V_{\max} die höchste Radgeschwindigkeit ist, $V_{so}(n-1)$ die zuletzt berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit ist, α_{dec} eine (bekannte konstante) Obergrenze der Fahrverlangsamung ist, α_{acc} eine (bekannte konstante) Obergrenze der Fahrzeugbeschleunigung ist, $\text{MED}(.,.)$ eine einen Mittelwert der drei Werte in den Klammern bestimmende Funktion ist und t ein (bekanntes konstantes) Berechnungsintervall (von beispielsweise 12 ms) für das Berechnen der Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} ist.

Es wird nunmehr die Steuerroutine nach Fig. 4 beschrieben. Zuerst wird bei einem Schritt S101 aus dem Antiblockierregler 30 die gegenwärtig berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} ausgelesen. Auf den Schritt S101 folgt ein Schritt S102, bei dem die optimale Sendefrequenz f_t^* , nämlich die Sendefrequenz f_t der bei einem folgenden Schritt S103 zu erzeugenden Welle berechnet wird. Die optimale Sendefrequenz f_t^* entspricht der berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} und einer optimalen Empfangsfrequenz f_r^* , welche innerhalb eines

vorbestimmten optimalen Bereichs gewählt wird, z. B. zwischen 100 kHz und 105 kHz.

Wenn der Bodenflächenzustand für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist bzw. nicht in einem derartigen Ausmaß verschlechtert ist, daß die Empfindlichkeit des Empfängers 12 außerhalb eines zulässigen Bereichs liegt, besteht zwischen der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit V , der Sendefrequenz f_t und der Empfangsfrequenz f_r der folgende Zusammenhang:

$$V = C \cdot (f_t - f_r) / ((f_t + f_r) \cdot \cos \Theta)$$

wobei Θ der (konstante) Mittelwert von Θ_1 und Θ_2 ist und C die (konstante) Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Ultraschallwelle ist.

Nimmt man an, daß die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} gleich der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit V ist, kann die vorstehende Gleichung zu der folgenden Gleichung umgesetzt werden:

$$V_{so} = C \cdot (f_t - f_r) / ((f_t + f_r) \cdot \cos \Theta).$$

Diese Gleichung kann ferner zu folgender Gleichung transformiert werden:

$$f_t = f_r \cdot \{1 + 2 \cdot V_{so} \cdot \cos \Theta / (C - V_{so} \cdot \cos \Theta)\}.$$

optimalen Empfangsfrequenz f_r^* anwendbar ist, wenn die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} gleich der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit V ist und wenn der Bodenflächenzustand für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit V geeignet ist, nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$f_t = f_r^* \cdot \{1 + 2 \cdot V_{so} \cdot \cos \Theta / (C - V_{so} \cdot \cos \Theta)\}.$$

Bei dem Schritt S102 kann daher aus der berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} und der optimalen Empfangsfrequenz f_r^* die optimale Sendefrequenz f_t^* nach der vorstehenden Gleichung berechnet werden.

Danach schreitet der Steuerungsablauf zu dem Schritt S103 weiter, bei dem der Sender 10 zum Abstrahlen der Ultraschallwelle betrieben wird, deren Sendefrequenz f_t gleich der bei dem Schritt S102 berechneten optimalen Frequenz f_t^* ist. Auf den Schritt S103 folgt ein Schritt S104, bei dem die Empfangsfrequenz f_r gemessen wird. Danach folgt ein Schritt S105, bei dem aus der Sendefrequenz f_t (f_t^*) und der Empfangsfrequenz f_r die Fahrgeschwindigkeit V_g nach folgender Gleichung berechnet wird:

$$V_g = C \cdot (f_t - f_r) / ((f_t + f_r) \cdot \cos \Theta).$$

Auf diese Weise ist dieses Ausführungsbeispiel dazu ausgelegt, aufgrund des Zusammenhangs zwischen der Sendefrequenz f_t und der Empfangsfrequenz f_r die Sendefrequenz f_t des Senders 10 zu bestimmen oder zu verändern, wobei vorausgesetzt ist, daß der Zusammenhang besteht, wenn die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} mit der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit V übereinstimmt, während der Bodenflächenzustand für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist. Durch eine solche Änderung der Sendefrequenz f_t wird die Empfangsfrequenz f_r innerhalb des optimalen Bereichs gehalten, wenn der Bodenflächenzustand für das genaue Messen der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist. Es ist ersichtlich, daß dieses Ausführungsbeispiel ohne einen Schritt zum Ermitteln, ob der Bodenflächenzu-

stand geeignet ist oder nicht, unmittelbar nach dem Verlassen des Meßausfallbereichs das Messen der Fahrgeschwindigkeit V_g mit hoher Genauigkeit ermöglicht. Durch den Wegfall dieses Schrittes wird die benötigte Verarbeitungszeit beträchtlich verkürzt.

Bei dem ersten Ausführungsbeispiel, bei dem die Sendefrequenz f_t konstant gehalten wird, wenn der Bodenflächenzustand für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit ungeeignet ist, kann die tatsächliche Empfangsfrequenz f_r unmittelbar nach dem Verlassen des Meßausfallbereichs mehr oder weniger mit dem optimalen Wert übereinstimmen, solange die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit im wesentlichen konstant gehalten wird. Falls jedoch die tatsächlichen Fahrgeschwindigkeiten unmittelbar vor und unmittelbar nach dem Durchfahren des Meßausfallbereichs der Bodenfläche beträchtlich voneinander verschieden sind, besteht ein hohes Risiko darin, daß die tatsächliche Sendefrequenz f_t unmittelbar nach dem Verlassen des Meßausfallbereichs beträchtlich von dem optimalen Wert abweicht.

Andererseits wird bei dem zweiten Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 selbst dann, wenn das Fahrzeug den Meßausfallbereich durchfährt, die Sendefrequenz f_t entsprechend einer Änderung der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit, nämlich der berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} geändert, wodurch die Fahrgeschwindigkeit V_g mit hoher Genauigkeit selbst in einem Zeitabschnitt ermittelt werden kann, der unmittelbar dem Durchfahren des Meßausfallbereichs folgt.

Es ist ersichtlich, daß ein zum Ausführen des Schrittes S101 nach Fig. 4 bestimmter Teil des Signalprozessors 14 und ein zum Berechnen der Fahrzeuggeschwindigkeit aus den Geschwindigkeiten der vier Räder bestimmter Teil des Antiblockierreglers 30 miteinander zum Bilden einer Einrichtung für das Ermitteln einer berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit zusammenwirken. Es ist ferner ersichtlich, daß ein für das Ausführen des Schrittes S102 nach Fig. 4 bestimmter Teil des Signalprozessors 14 eine Einrichtung zum Ändern der Sendefrequenz f_t des Senders 10 bildet.

Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel wird der Sender 10 bei dem Schritt S103 zum Erzeugen bzw. Abstrahlen der Ultraschallwelle betrieben, deren Frequenz f_t bei dem vorangehenden Schritt S102 berechnet wurde. Das zweite Ausführungsbeispiel kann jedoch in der Weise modifiziert werden, daß dann, wenn die Differenz zwischen den bei dem gegenwärtigen und dem vorangehenden Ausführungszyklus der Steueroutine nach Fig. 4 ermittelten Werten für die Sendefrequenz f_t größer als ein vorbestimmter Schwellenwert ist, ein Mittelwert aus diesen beiden aufeinanderfolgend erhaltenen Werten für die Frequenz f_t oder ein anderweitig aus diesen beiden Werten bestimmter Wert als bei dem Schritt S103 anzuwendende optimale bzw. effektive Sendefrequenz f_t^* eingesetzt wird, während dann, wenn die Differenz nicht größer als der Schwellenwert ist, die gegenwärtig ermittelte Sendefrequenz f_t als optimale Sendefrequenz f_t^* eingesetzt wird.

Im weiteren wird unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm in Fig. 5 ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Detektors beschrieben, das mit dem zweiten Ausführungsbeispiel mit der Ausnahme identisch ist, daß der Signalprozessor 14 zum Ausführen eines Steuerprogramms nach Fig. 5 anstelle desjenigen nach Fig. 4 ausgebildet ist. Wie bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ist der bei diesem dritten Ausführungsbeispiel verwendete Antiblockierregler 30 dazu ausgelegt, die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} zu veranschlagen

bzw. zu berechnen.

Die Steueroutine nach Fig. 5 beginnt mit einem Schritt S201, bei dem der Signalprozessor 14 die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} aus dem Regler 30 ausliest und die Empfangsfrequenz f_r der Welle berechnet, deren Empfang durch den Empfänger 12 zu erwarten ist, wenn die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} gleich der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit V ist und wenn der Bodenflächenzustand für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist oder nicht derart verschlechtert ist, daß dadurch die Empfindlichkeit des Empfängers 12 aus einem zulässigen Bereich herausfällt.

Im einzelnen kann die vorangehend genannte Gleichung $f_t = f_r \cdot \{1 + 2 \cdot V_{so} \cdot \cos\Theta / (C - V_{so} \cdot \cos\Theta)\}$ in folgende Gleichung umgeschrieben werden:

$$f_r = f_t \cdot \{1 - 2 \cdot V_{so} \cdot \cos\Theta / (C + V_{so} \cdot \cos\Theta)\}.$$

Der gegenwärtige Wert der Empfangsfrequenz f_r wird gemäß der vorstehenden Gleichung unter Einsetzen der bei dem Schritt S201 des vorangehenden Ausführungszyklus der Steueroutine erhaltenen berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} und der bei einem Schritt S204, S209 oder S208 bei dem letzten Ausführungszyklus der Steueroutine ermittelten Sendefrequenz f_t berechnet. Wenn die Steueroutine nach Fig. 5 erstmalig ausgeführt wird, wird in die vorstehende Gleichung eine vorbestimmte anfängliche Sendefrequenz f_{to} eingesetzt. D.h., die Empfangsfrequenz f_r wird unter der Annahme berechnet, daß die Frequenz f_t der bei dem nächsten Ausführen eines Schrittes S205 zu erzeugenden Welle gleich derjenigen der bei dem letzten Ausführen des Schrittes S205 erzeugten Welle oder die anfängliche Sendefrequenz f_{to} ist und daß die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} gleich der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit ist, wenn der Bodenflächenzustand für ein genaues Messen der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist.

Der Steuerungsablauf schreitet dann zu einem Schritt S202 weiter, bei dem ermittelt wird, ob die erhaltene berechnete Empfangsfrequenz f_r höher als eine vorbestimmte obere Grenzfrequenz f_{rmax} (von beispielsweise 105 kHz) eines optimalen Bereichs ist oder nicht. Wenn der Schritt S202 eine negative Entscheidung ergibt (NEIN), wird ein Schritt S203 ausgeführt, bei dem ermittelt wird, ob die berechnete Empfangsfrequenz f_r niedriger als eine vorbestimmte untere Grenzfrequenz f_{rmin} (von beispielsweise 100 kHz) des optimalen Bereichs ist oder nicht.

Wenn bei dem Schritt S203 eine negative Entscheidung getroffen wird (NEIN), d.h., wenn die Entscheidungen bei den Schritten S202 und S203 beide negativ sind (NEIN), bedeutet dies, daß die bei dem Schritt S201 berechnete Empfangsfrequenz f_r in dem optimalen Bereich liegt. In diesem Fall schreitet der Steuerungsablauf zu dem Schritt S204 weiter, bei dem die gegenwärtige Sendefrequenz f_t als optimale Sendefrequenz f_t^* bestimmt wird, die bei dem nächsten Ausführen des nachfolgenden Schrittes S205 anzuwenden ist. Wenn der Schritt S204 erstmalig ausgeführt wird, wird als optimale Sendefrequenz f_t^* die vorbestimmte anfängliche Sendefrequenz f_{to} bestimmt. Bei dem Schritt S205 wird der Sender 10 zum Erzeugen der Ultraschallwelle betrieben, deren Frequenz f_t gleich der bei dem Schritt S204 bestimmten optimalen Sendefrequenz f_t^* ist. Dann wird ein Schritt S206 ausgeführt, bei dem die Empfangsfrequenz f_r des Empfängers 12 eingelesen bzw. gemessen

wird. Auf den Schritt S206 folgt ein Schritt S207, bei dem aus der gegenwärtigen Sendefrequenz f_t (der bei dem Schritt S204 bestimmten optimalen Sendefrequenz f_t^*) und der bei dem Schritt S206 gemessenen gegenwärtigen Empfangsfrequenz f_r die Fahrgeschwindigkeit V_g nach folgender Gleichung berechnet wird:

$$V_g = C \cdot (f_t - f_r) / ((f_t + f_r) \cdot \cos \Theta).$$

Nach Abschluß des Schrittes S207 kehrt der Steuerungsablauf zu dem Schritt S201 zurück.

Falls die berechnete Empfangsfrequenz f_r gleich der oberen Grenzfrequenz f_{rmax} des optimalen Bereichs oder höher ist, wird bei dem Schritt S202 eine positive Entscheidung erhalten (JA) und der Steuerungsablauf schreitet zu dem Schritt S208 weiter, bei dem die gegenwärtige Sendefrequenz f_t um eine vorbestimmte Stufe Δf verringert bzw. abgestuft wird, um dadurch die optimale Sendefrequenz f_t^* fortzuschreiben. Da die Empfangsfrequenz f_r als Funktion der Sendefrequenz f_t (f_t^*) niedriger wird, wird durch das Abstufen der optimalen Frequenz f_t^* der bei dem Schritt S205 zu erzeugenden Ultraschallwelle die Empfangsfrequenz f_r gelenkt. Wenn die Empfangsfrequenz f_r gleich der unteren Grenzfrequenz f_{rmin} des optimalen Bereichs oder niedriger ist, wird bei dem Schritt S203 eine positive Entscheidung erhalten (JA) und der Steuerungsablauf schreitet zu dem Schritt S209 weiter, bei dem die gegenwärtige Sendefrequenz f_t um eine vorbestimmte Stufe Δf erhöht bzw. aufgestuft wird, um dadurch die optimale Sendefrequenz f_t^* fortzuschreiben. Dadurch wird die Sendefrequenz f_t der von dem Sender 10 bei dem Schritt S205 zu erzeugenden Welle erhöht.

Aus der vorstehenden Beschreibung des dritten Ausführungsbeispiels ist ersichtlich, daß die Empfangsfrequenz f_r des Empfängers 12 unter der Annahme berechnet wird, daß die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit V_{so} mit der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit übereinstimmt und daß der Bodenflächenzustand für eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit geeignet ist. Die Sendefrequenz f_t des Senders 10 wird derart eingestellt oder gesteuert, daß die berechnete Empfangsfrequenz f_r innerhalb des optimalen Bereichs gehalten wird. Das dritte Ausführungsbeispiel ist gleichfalls dazu geeignet, eine genaue Messung der Fahrgeschwindigkeit V_g sicherzustellen, ohne zu ermitteln, ob der Bodenflächenzustand geeignet ist oder nicht.

Bei dem dritten Ausführungsbeispiel ändert sich die berechnete Frequenz f_r mit einer Änderung der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit, wenn das Fahrzeug auf dem Meßausfallbereich fährt, wobei die Sendefrequenz f_t entsprechend der Änderung der berechneten Empfangsfrequenz f_r geändert wird. Infolgedessen stimmt unmittelbar nach dem Verlassen des Meßausfallbereichs die erfaßte bzw. berechnete Bodengeschwindigkeit oder Fahrgeschwindigkeit V_g genau mit der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit überein.

Es ist ersichtlich, daß ein zum Berechnen der Fahrzeuggeschwindigkeit aus den Geschwindigkeiten der vier Räder bestimmter Teil des Antiblockierreglers eine Einrichtung zum Ermitteln einer berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit bildet, während ein für das Ausführen der Schritte S201 bis S204, S208 und S209 nach Fig. 5 bestimmter Teil des Signalprozessors 14 eine Einrichtung zum Ändern der Sendefrequenz f_t des Senders 10 bildet.

Es wird ein Detektor zum Erfassen der Fahrgeschwindigkeit eines Fahrzeugs angegeben, der einen

Sender zum Abstrahlen einer Welle zu einer Bodenfläche hin und einen Empfänger enthält, der einen Teil der durch die Bodenfläche reflektierten gesendeten Welle empfängt. Der Detektor erzeugt gemäß einem Dopplereffekt aufgrund der Frequenzen der gesendeten Welle und der reflektierten Welle ein die Fahrgeschwindigkeit anzeigendes Ausgangssignal und enthält ferner eine Einrichtung zum Ändern der Frequenz der gesendeten Welle in der Weise, daß die Empfindlichkeit des Empfängers innerhalb eines vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten wird. Diese Einrichtung ist dazu ausgebildet, hinsichtlich der Frequenz der gesendeten Welle eine Änderung zu begrenzen oder zu verhindern, die durch eine Verschlechterung des Bodenflächenzustands verursacht ist, welche eine Verringerung der Empfindlichkeit des Empfängers hervorruft.

Patentansprüche

1. Dopplereffekt-Detektor zum Erfassen der Fahrgeschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs, der einen Sender zum Abstrahlen einer Welle zu einer Bodenfläche hin, einen Empfänger zum Empfangen eines Teils der durch die Bodenfläche reflektierten gesendeten Welle, eine Ausgabereinrichtung, die aufgrund der Frequenz der von dem Sender abgestrahlten Welle und der Frequenz der von dem Empfänger aufgenommenen reflektierten Welle entsprechend einem Dopplereffekt ein die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs anzeigendes Ausgangssignal erzeugt, und eine Frequenzänderungseinrichtung enthält, die die Frequenz der abgestrahlten Welle derart ändert, daß die Empfindlichkeit des Empfängers innerhalb eines vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Frequenzänderungseinrichtung (14, 30, 50) eine Begrenzungseinrichtung (14; S2, S3; S101, S102; S201) enthält, die hinsichtlich der Frequenz (f_t) der abgestrahlten Welle eine Änderung einschränkt, die durch eine Verschlechterung des Bodenflächenzustands verursacht ist, welche die Empfindlichkeit des Empfängers (12) verringert.
2. Dopplereffekt-Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzänderungseinrichtung (14) aus einem Ausgangssignal des Empfängers (12) die Frequenz (f_r) der reflektierten Welle ermittelt und gemäß der ermittelten Frequenz der reflektierten Welle die Frequenz (f_t) der abgestrahlten Welle derart ändert, daß die Frequenz der reflektierten Welle innerhalb eines vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten wird, wobei die Begrenzungseinrichtung (14, S2, S3) der Frequenzänderungseinrichtung aufgrund einer Amplitude (v_r) des Ausgangssignals des Empfängers ermittelt, ob der Zustand der Bodenfläche in einem Ausmaß verschlechtert ist, welches bewirkt, daß die Empfindlichkeit des Empfängers außerhalb eines zulässigen Bereichs liegt, und wobei die Begrenzungseinrichtung ein Ändern der Frequenz der abgestrahlten Welle gemäß der ermittelten Frequenz der reflektierten Welle verhindert, wenn der Bodenflächenzustand verschlechtert ist.
3. Dopplereffekt-Detektor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Begrenzungseinrichtung (14, S2, S3) die Amplitude (v_r) des Ausgangssignals des Empfängers (12) mit einem vorbestimmten Schwellenwert (v_{th}) vergleicht, um dadurch zu ermitteln, ob der Zustand der Bodenfläche

in dem genannten Ausmaß verschlechtert ist.

4. Dopplereffekt-Detektor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzänderungseinrichtung (14) eine Einrichtung (S4, S5) enthält, die feststellt, ob die ermittelte Frequenz (fr) der reflektierten Welle innerhalb des vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten ist. 5
5. Dopplereffekt-Detektor nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der vorbestimmte optimale Bereich für die ermittelte Frequenz (fr) der reflektierten Welle durch eine obere Grenzfrequenz (frmax) und eine untere Grenzfrequenz (frmin) bestimmt ist. 10
6. Dopplereffekt-Detektor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzänderungseinrichtung (14) eine Einrichtung (S4, S5, S10, S11) enthält, die dann, wenn die ermittelte Frequenz (fr) der reflektierten Welle außerhalb des vorbestimmten optimalen Bereichs liegt, die Frequenz (ft) der abgestrahlten Welle in Aufwärts- oder Abwärtsstufen um eine vorbestimmte Größe (Δf) derart ändert, daß die dadurch geänderte Frequenz der reflektierten Welle letztlich in den vorbestimmten optimalen Bereich fällt. 20
7. Dopplereffekt-Detektor nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der vorbestimmte optimale Bereich für die ermittelte Frequenz (fr) der reflektierten Welle durch einen optimalen Frequenzwert der reflektierten Welle bestimmt ist. 25
8. Dopplereffekt-Detektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzänderungseinrichtung (14, 30, 50) eine Einrichtung (30, 50) enthält, die aus den Drehzahlen der Räder des Fahrzeugs eine berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit (V_{so}) ermittelt, wobei die Begrenzungseinrichtung der Frequenzänderungseinrichtung eine Einrichtung (S101, S102; S201) enthält, die für die reflektierte Welle aus der berechneten Fahrzeuggeschwindigkeit eine berechnete Frequenz (fr) ermittelt, von der zu erwarten ist, daß sie von dem Empfänger (12) empfangen wird, wenn die berechnete Fahrzeuggeschwindigkeit mit der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs übereinstimmt und wenn der Bodenflächenzustand nicht verschlechtert ist, wobei die Frequenzänderungseinrichtung die Frequenz (ft) der abgestrahlten Welle derart ändert, daß die berechnete Frequenz der reflektierten Welle innerhalb eines vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten wird. 40
9. Dopplereffekt-Detektor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der vorbestimmte optimale Bereich durch eine obere Grenzfrequenz (frmax) und eine untere Grenzfrequenz (frmin) bestimmt ist. 45
10. Dopplereffekt-Detektor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der vorbestimmte optimale Bereich durch einen optimalen Frequenzwert der reflektierten Welle bestimmt ist. 50
11. Dopplereffekt-Detektor zum Erfassen der Fahrgeschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs, der einen Sender zum Abstrahlen einer Welle zu einer Bodenfläche hin, einen Empfänger zum Empfangen eines Teils der durch die Bodenfläche reflektierten gesendeten Welle, eine Ausgabereinrichtung, die aufgrund der Frequenz der von dem Sender abgestrahlten Welle und der Frequenz der von dem Empfänger aufgenommenen reflektierten Welle 55

entsprechend einem Dopplereffekt ein die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs anzeigendes Ausgangssignal erzeugt, und eine Frequenzänderungseinrichtung enthält, die die Frequenz der abgestrahlten Welle derart ändert, daß die Empfindlichkeit des Empfängers innerhalb eines vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenzänderungseinrichtung (14, 30, 50) dann, wenn sich die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit (V) des Fahrzeugs kontinuierlich ändert, die Frequenz (ft) der abgestrahlten Welle in Aufwärts- oder Abwärtsstufen eines vorbestimmten Ausmaßes (Δf) derart ändert, daß die Frequenz (fr) der reflektierten Welle innerhalb eines vorbestimmten optimalen Bereichs gehalten wird, der durch eine obere Grenze (frmax) und eine untere Grenze (frmin) definiert ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

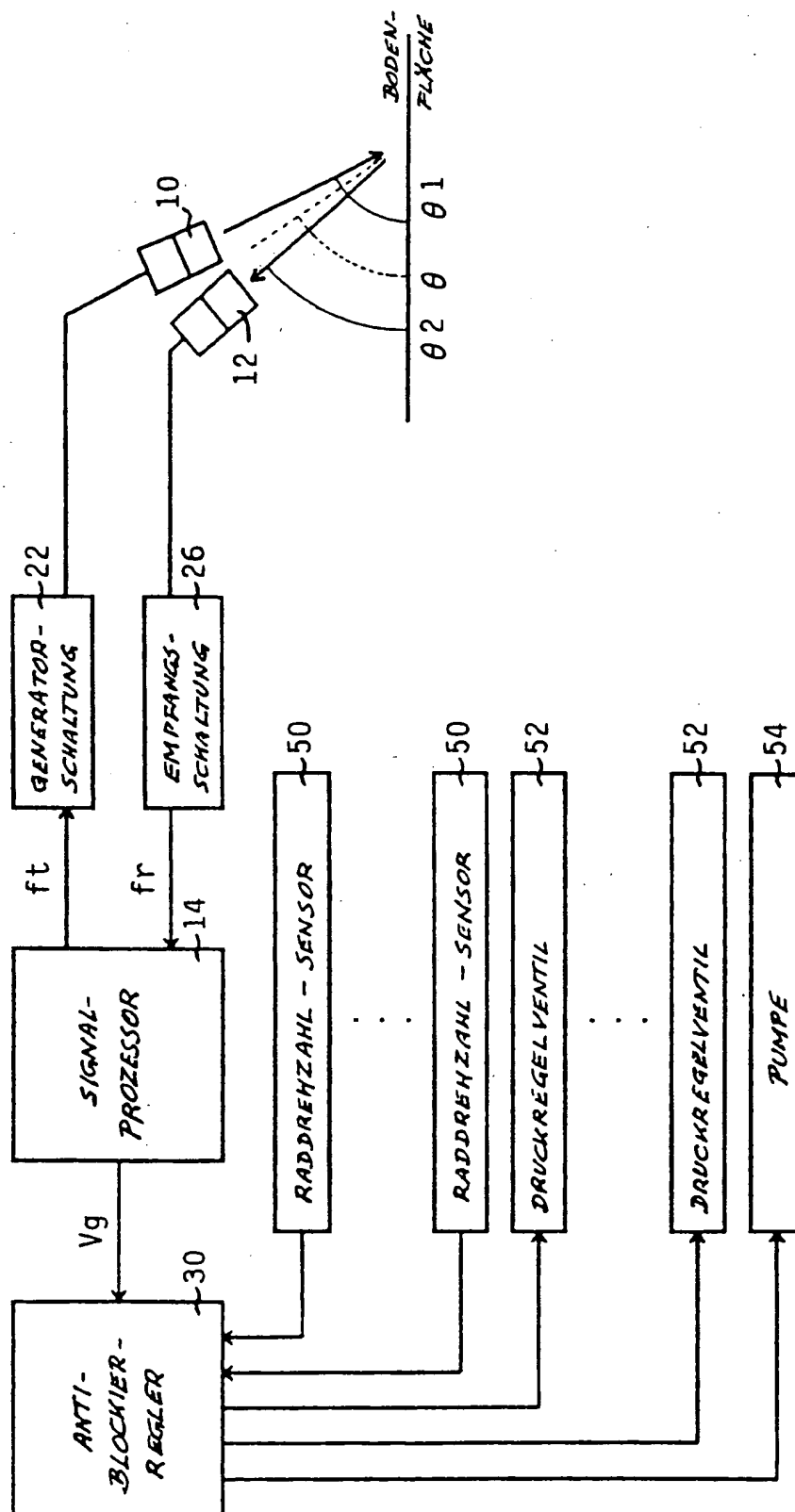


FIG. 2

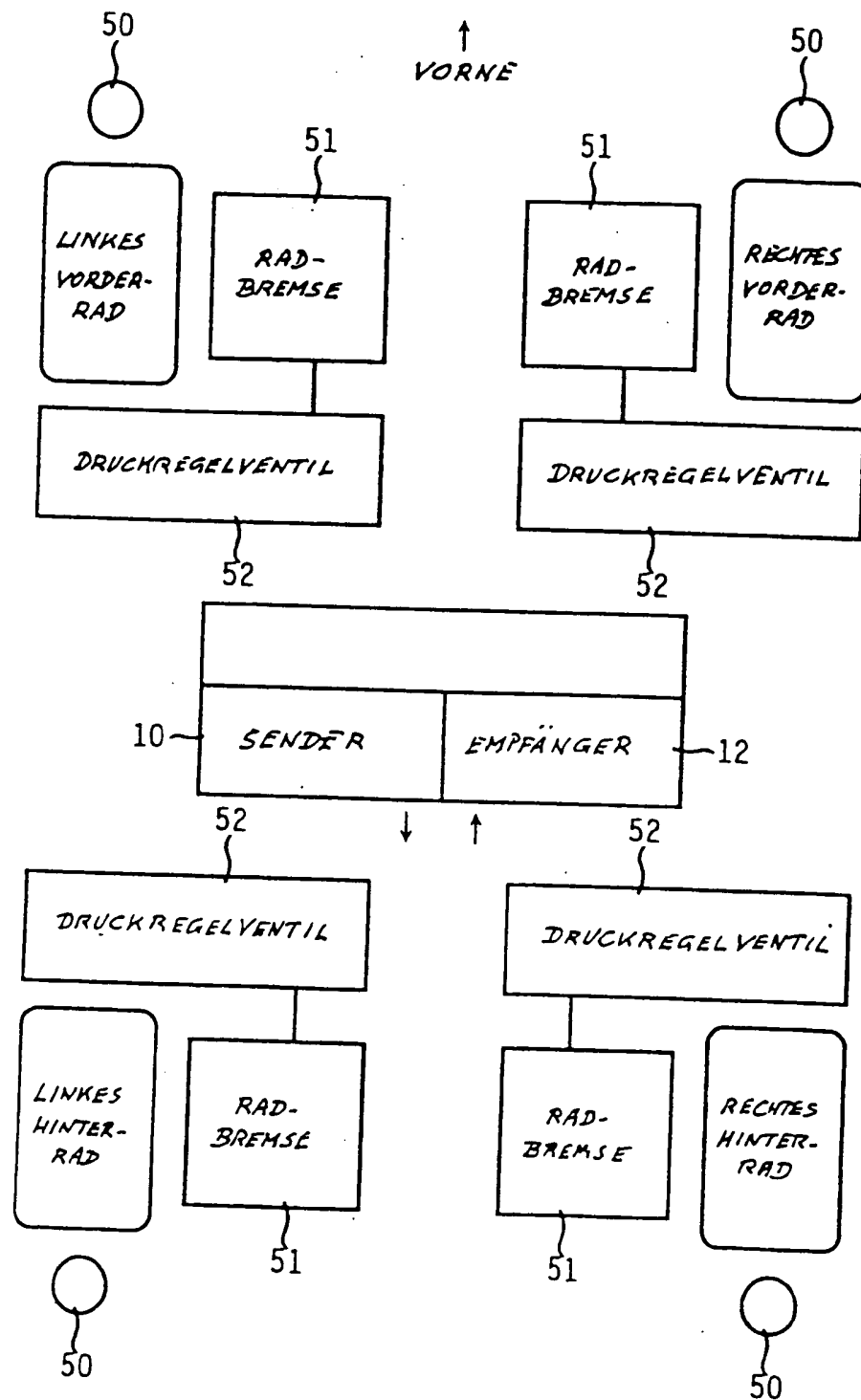


FIG. 3

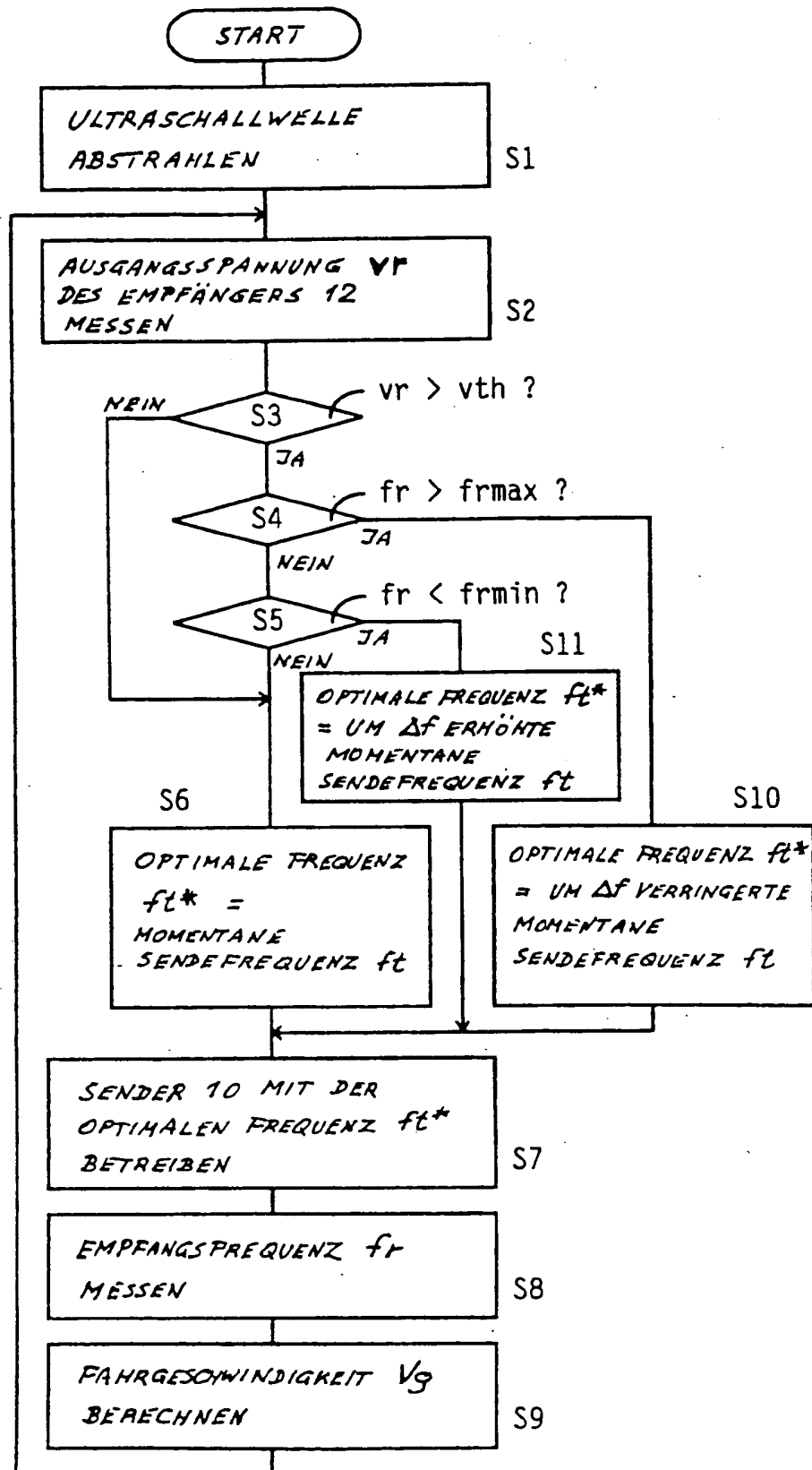


FIG. 4

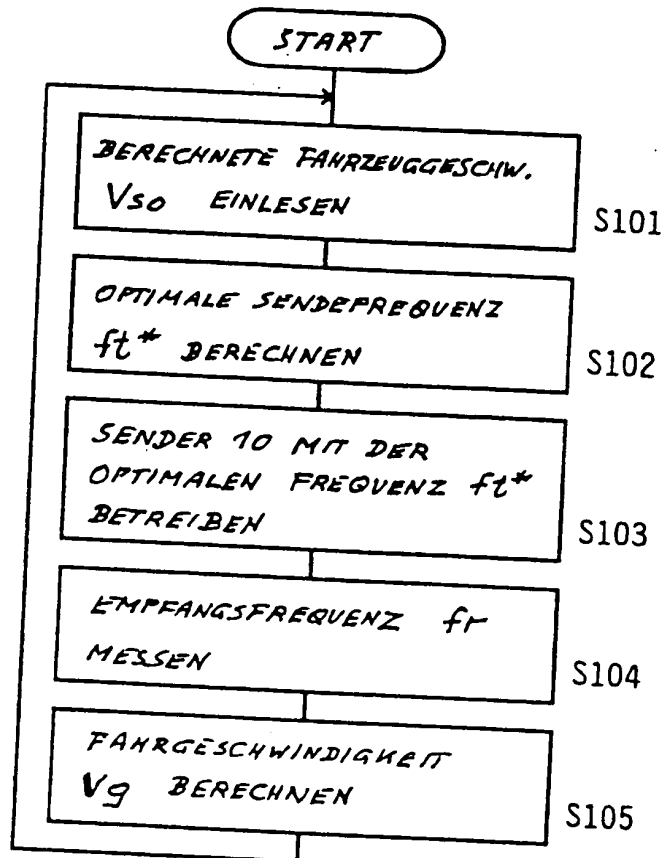


FIG. 5

